



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09306823 A**

(43) Date of publication of application: **28.11.97**

(51) Int. Cl. **H01L 21/027**
G03F 7/20

(21) Application number: **08125055**

(22) Date of filing: 20.05.96

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(72) Inventor: **TANAKA MASAJI**
SUGIMOTO MUNETAKE

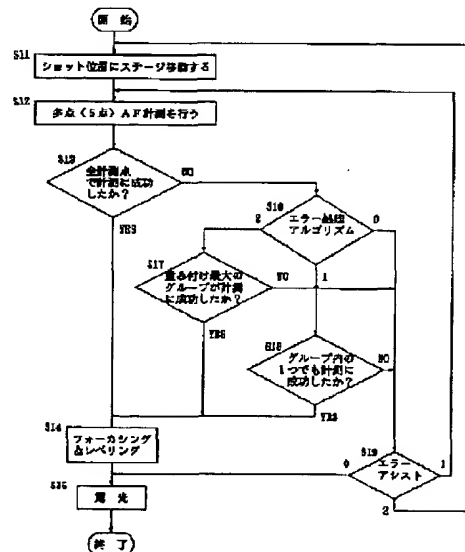
(54) PROJECTION ALIGNER

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the frequency of generating focus errors and reduce the fraction defective.

SOLUTION: The optimum focus detection method is set by process, by grouping the measurement values obtained from a plurality of measuring points of a multi-point AF system and superimposing them, the error process when there is a measuring point that failed in measurement is selected from a plurality of algorithms and the error process is also optimized by the process. When there is a measuring point which failed in measurement, the process continues from a step 16 to a process of the selected error process algorithm (S17 or S18).

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-306823

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 2 6 B
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平8-125055

(22) 出願日 平成8年(1996)5月20日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 田中 正司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 杉本 宗毅

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

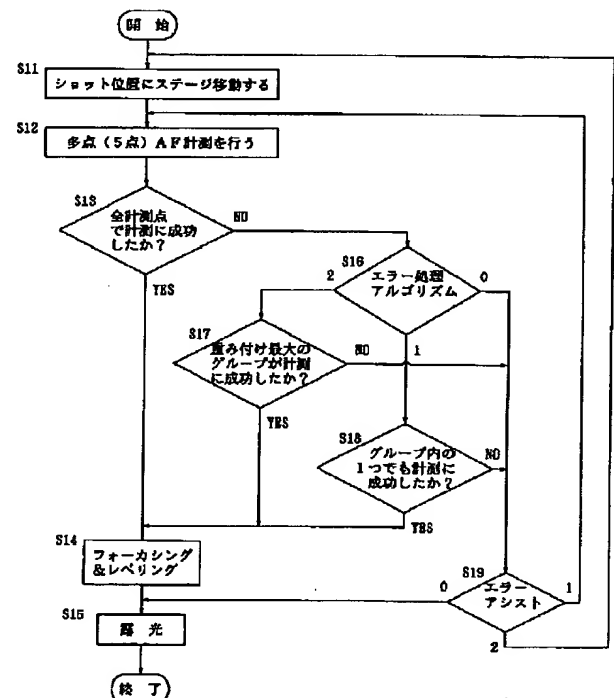
(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 フォーカス・エラーの発生頻度を低減し、不良率の低減を図る。

【解決手段】 多点AF系の複数の計測点から得られる各計測値をグループ分けして重み付けすることでプロセス毎に最適のフォーカス検出方法を設定できるようにし、また、計測に失敗した計測点があった場合のエラー処理を複数のアルゴリズムの中から選択できるようにしてエラー処理もプロセス毎に最適化できるようにする。計測に失敗した計測点があった場合、ステップ16から選択したエラー処理アルゴリズムに従う処理 (S17又はS18) に進み、処理を継続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して前記結像面と平行な面内で2次元移動するXYステージと、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、前記複数の計測点の夫々で検出された前記感光基板表面の光軸方向の位置に基づいて前記感光基板の面位置を検出する面位置検出手段とを備える投影露光装置において、

前記面位置検出手段は、前記複数の計測点を複数のグループに分けるグループ化手段と、前記グループ化手段によってグループ化されたグループ毎に計測値を算出し、その計測値に夫々重み係数を掛けて前記感光基板の面位置を算出する演算手段と、前記計測点での計測に失敗した場合のエラー処理を選択するエラー処理選択手段を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記エラー処理は計測に失敗した計測点が属するグループに指定された重み係数又は計測に失敗した計測点の数に応じて行われることを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【請求項3】 露光光で所定形状の照明領域を照明する照明系と、前記照明領域に対して露光用のパターンが形成されたマスクを走査するマスク側ステージと、前記照明領域内の前記マスクのパターンを感光基板上に投影する投影光学系と、前記感光基板を載置して移動可能な基板側ステージと、前記マスク側ステージと前記基板側ステージとを同期して走査する走査手段と、

前記感光基板が走査される方向に交差する方向の複数の点を含む複数の計測点の夫々で検出された前記感光基板表面の光軸方向の位置に基づいて前記感光基板の面位置を検出する面位置検出手段とを備える投影露光装置において、

前記面位置検出手段は、前記複数の計測点を複数のグループに分けるグループ化手段と、前記グループ化手段によってグループ化されたグループ毎に計測値を算出し、その計測値に夫々重み係数を掛けて前記感光基板の面位置を算出する演算手段と、前記計測点での計測に失敗した場合のエラー処理を選択する選択手段とを備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】 前記グループ化手段は、感光基板の露光領域内の計測点を、感光基板が走査される方向に交差する方向の座標が略等しい計測点同士をグループとすることでグループ化を行うものであることを特徴とする請求項3記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子や液晶表示素子を製造するのに使用される投影露光装置に関

し、特にウエハ等の感光基板の面位置を検出する手段を備える投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子、CCD素子等のデバイス素子をフォトリソグラフィ工程で製造するに際し、フォトマスクまたはレチクル（以下、マスクという）に形成されたパターンをフォトリソ等感光剤が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感光基板上に転写する投影露光装置が用いられる。

- 10 【0003】この投影露光装置としては、感光基板上の各ショット領域を投影光学系の露光フィールド内に順次移動させて、各ショット領域にマスクのパターンを順次露光するステップ・アンド・リピート方式の露光装置、及びマスクと感光基板とを投影光学系に対して同期して走査することにより、投影光学系の有効露光フィールドより広い範囲の露光領域への露光が可能な走査露光方式の露光装置が知られている。走査露光方式の露光装置には、矩形状又は円弧状の照明領域に対してマスク及び感光基板を相対的に同期して走査しながら1枚のマスクの
- 20 パターンの全体を1枚の感光基板の全面に逐次投影露光するスリット・スキャン方式の露光装置と、感光基板上の各ショット領域への露光を縮小投影で且つ走査露光方式で行うと共に、各ショット領域間の移動をステッピング方式で行うステップ・アンド・スキャン方式の露光装置とがある。

【0004】近年、LSI（Large Scale Integration）の高集積化に伴い、ウエハ上の露光領域（ショット領域）により微細なパターンを転写することが望まれており、これに対応するために投影光学系の開口数NA

- 30 (Numerical Aperture) は大きくなっている。開口数NAが大きくなると、投影光学系の焦点深度が浅くなるので、露光領域をより正確かつ確実に投影光学系の焦点位置（焦点深度内）に位置づけることが望まれている。

【0005】また、投影露光装置による露光領域の大型化が進んでいる。これにより、1回の露光でLSIチップ自体の露光面積の大型化を図った焼付けを行ったり、1回の露光で複数のLSIチップの焼付けを行っている。このため、大型化する露光領域全体をより正確かつ確実に投影光学系の焦点位置（焦点深度内）に位置づけることが望まれている。このためには、感光基板の表面上にあるべき投影光学系の結像面、すなわち、マスク像に対する感光基板の光軸方向の位置と傾斜（以下、面位置という）とを高精度に検出し、その感光基板の表面の位置と傾斜とを調整することが重要である。

【0006】なお、本明細書では、感光基板の露光領域を露光装置の投影光学系の焦点位置に位置づける操作のうち、感光基板が載置されたステージを光軸方向に並進移動させる操作をフォーカシングといい、感光基板が載置されたステージの光軸に対する傾きを変化させる操作をレベリングという。

【0007】感光基板の面位置を検出する方法として、特開平2-102518号公報には、感光基板上のショット領域内の複数の計測点（例えば5点）のそれぞれに投影光学系を介することなくピンホール像を斜め方向から照射し、その反射像を2次元位置検出素子（CCD）で受光し、その複数の計測点の光軸方向基準面からの位置ずれを検出する多点フォーカス位置検出系（多点AF系）が記載されている。また、特開平7-211612号公報には、各計測点に投影光学系の像面湾曲の変化量を加えて重み付けを行い最良結像面を求めた後、最良結像面に感光基板を移動させて露光する方法が記載されている。デバイス素子の製造工程においては、この多点AF系により1ショット毎に面位置が検出され、検出された面位置に基づいて露光装置のフォーカシング調整と露光・転写が行われる。

【0008】ところで、この多点AF系では、感光基板の表面に大きな段差形状が形成されているときには、一部の計測点で位置ずれがAF系の計測可能範囲を超えてしまい計測できないこと、すなわち計測に失敗することがある。また、ショット領域が感光基板の周辺部に位置してその一部が感光基板から外れているような場合にも、一部の計測点では計測に失敗する。このような計測エラーが生じた場合、露光装置はエラー処理を行う。

【0009】図14は、従来の多点AF系を用いたステップ・アンド・リピート方式の露光装置における感光基板の面位置検出、フォーカシング、レベリング、露光のシーケンスを説明するフローチャートである。露光装置に予め入力されているデータに基づいて感光基板上のショット位置が指定されると、露光装置の制御系はそのショット位置が投影光学系の露光領域に位置するように基板ステージを移動する（S101）。次に、多点AF系により、ショット領域内の複数の計測点（例えば5点）でショット領域の面位置を計測する（S102）。ステップ103において5点の計測点全てにおいて計測値が得られたか否かを判定し、判定結果が「YES」の場合、露光装置はその計測値に基づいてショット領域の面位置及び傾斜を求め、ショット領域がマスクパターン面と一致するように基板ステージの光軸方向位置及び傾斜を調整してフォーカシング及びレベリングを行い（S104）、ショットの露光を行う（S105）。

【0010】もし、ステップ103の判定結果が「NO」の場合には、シーケンスは停止し、エラーアシスト状態となって、オペレータによるエラー処理がなされる（S106）。エラーアシスト処理においては、露光装置の表示装置に選択肢「0」、「1」、「2」が表示され、オペレータがそのうちの一つを選択してエラー処理を行う。例えば、選択肢「0」を選択すると、ステップ105に進み、新たなフォーカシング処理を行わずに前回のショット位置からステージ移動したままの状態での露光を行う。選択肢「1」を選択すると、ステップ102

に戻り、再度多点AF計測を行う。選択肢「2」を選択すると、ステップ101に戻り、そのショット領域に対する露光を行わずに次のショット位置にステージ移動する。

【0011】また、図15は、多点AF系によって感光基板の面位置を検出しながら露光を行う従来の走査型露光装置のフォーカシング及びレベリング動作を説明するフローチャートである。図15はフォーカシングとレベリングのフローのみを示すものであり、ステージ移動と露光動作は図15の開始から終了に到る各工程で継続して行われる。走査型露光装置では、感光基板の露光領域内に設定された計測点で露光領域の面位置を計測すると共に露光領域の前方に設定された計測点を用いて面位置を検出（先読み）し、その先読みした領域が露光領域に位置するときベストフォーカス状態になっているように基板ステージのフォーカシング及びレベリングを連続的に調整しながら露光を行う。

【0012】すなわち、ステージ移動しながら露光領域内の複数の計測点及び露光領域前方の複数の計測点で感光基板の面位置をAF計測し（S201）、ステップ202において全ての計測点で計測に成功したか否かを判定する。ステップ202の判定結果が「YES」の場合には、その計測データに基づいて基板ステージのフォーカシング及びレベリング操作を行う（S203）。一方、ステップ202における判定結果が「NO」の場合には、その回の計測データは廃棄し、ステージのフォーカシング及びレベリングを変えずに露光を継続する。つまり、走査露光方式ではたとえ計測に失敗した計測点があったとしても途中で走査露光を中断することはできないため、図14のエラーアシスト処理における選択肢「0」に相当する処理を自動的に実行するように設定されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、感光基板の表面構造は、製造されるデバイスの種類あるいはそのデバイス製造のプロセスに応じて凹凸が多かったり比較的平坦であったり、またショット領域中で凹凸の多い領域が片寄っていたりと様々である。そして、露光装置のフォーカシングに際して重視すべき計測点も、重ね合わせするパターン毎に、あるいはプロセス毎に異なっているのが普通である。すなわち、プロセス毎に最適なオートフォーカス条件は異なるのであり、全ての計測点を同列に扱う従来の計測条件下ではフォーカス・エラーが生じる確率が大きかった。

【0014】同様に、同じ計測点で計測に失敗した場合のエラー処理においても、プロセスによってその計測点の重要度が異なり、その計測点で計測値がとれない状態でフォーカシングを行うと製品不良となる可能性が高い場合、あるいはその計測点を無視しても十分な精度でフォーカシングすることができる場合など、様々である。

それに対して、従来のように一律のエラー処理を行なうと歩留まりが低下し、エラーアシスト状態でオペレータが介在してエラー処理を行っても歩留まりが低下したりスループットが低下するという問題があった。本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、フォーカス・エラーの発生頻度を低減し、不良率の低減を図ることのできる露光装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明においては、多点AF系の複数の計測点から得られる各計測値をグループ分けして重み付けすることでプロセス毎に最適のフォーカス検出方法を設定できるようにし、また、計測に失敗した計測点があった場合のエラー処理を複数のアルゴリズムの中から適宜選択できるようにしてエラー処理もプロセス毎に最適化できるようにすることで前記目的を達成する。

【0016】すなわち、本発明による投影露光装置は、マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、結像面とほぼ平行に感光基板を保持して結像面と平行な面内で2次元移動するXYステージと、感光基板を投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、複数の計測点の夫々で検出された感光基板表面の光軸方向の位置に基づいて感光基板の面位置を検出する面位置検出手段とを備える投影露光装置において、面位置検出手段は、複数の計測点を複数のグループに分けるグループ化手段と、グループ化手段によってグループ化されたグループ毎に計測値を算出し、その計測値に夫々重み係数を掛けて感光基板の面位置を算出する演算手段と、計測点での計測に失敗した場合のエラー処理を選択するエラー処理選択手段を備えることを特徴とする。

【0017】エラー処理は、計測に失敗した計測点が属するグループに指定された重み係数又は計測に失敗した計測点の数に応じて行うことができる。オペレータは、幾つか用意されているエラー処理アルゴリズムの中から、その露光プロセスに最適なアルゴリズムを選択して、予め露光装置に設定しておく。露光装置は、計測に失敗した計測点があった場合、設定されたアルゴリズムに従って処理を継続することになる。

【0018】エラー処理アルゴリズムとしては、例えば、次の(1)、(2)のようなものを用意しておいて選択させることができる。

(1) 重み付け最大のグループを重視するアルゴリズム。これは、例えば、重み付け最大のグループの全ての計測点が計測に失敗した場合にはシーケンスを中断してエラーアシスト状態にし、それ以外の場合には計測に成功した計測点での計測値を用いて面位置を算出することでシーケンスを続行するものである。

(2) 各グループを同等に扱うアルゴリズム。これは、例えば、グループに属する計測点の全てが計測に失敗したグループがある場合にはシーケンスを中断してエラーアシスト状態にし、それ以外の場合には計測に成功した計測点の計測値を用いてそのグループに対する計測値を算出することでシーケンスを続行するものである。

【0019】また、本発明の投影露光装置は、露光光で所定形状の照明領域を照明する照明系と、照明領域に対して露光用のパターンが形成されたマスクを走査するマスク側ステージと、照明領域内のマスクのパターンを感光基板上に投影する投影光学系と、感光基板を載置して移動可能な基板側ステージと、マスク側ステージと基板側ステージとを同期して走査する走査手段と、感光基板が走査される方向に交差する方向の複数の点を含む複数の計測点の夫々で検出された感光基板表面の光軸方向の位置に基づいて感光基板の面位置を検出する面位置検出手段とを備える投影露光装置において、面位置検出手段は、複数の計測点を複数のグループに分けるグループ化手段と、グループ化手段によってグループ化されたグループ毎に計測値を算出し、その計測値に夫々重み係数を掛けて感光基板の面位置を算出する演算手段と、計測点での計測に失敗した場合のエラー処理を選択する選択手段とを備えることを特徴とする。

【0020】グループ化手段は、感光基板の露光領域内の計測点を、感光基板が走査される方向に交差する方向の座標が略等しい計測点同士をグループとすることでグループ化を行うものとして行うことができる。

【0021】この場合、エラー処理アルゴリズムとしては、例えばフォーカシング処理に関して次の(1)、(2)のようなものを用意しておくことができる。

(1) 露光領域の中央部分に位置するグループを重視し、そのグループの計測点で計測に失敗したものがあれば他のグループの計測値を補完的に使用するアルゴリズム。

(2) 露光領域及び先読み領域の中央部分の計測値を重視するアルゴリズム。

【0022】本発明によると、プロセス毎に一つのチップ上に線幅の異なる精粗のパターン面等がある場合、それらに対し重要度に応じて重み付けすることができるので所望の面に対して最良の面位置設定ができ、かつ各パターン部分の計測結果に対してオートフォーカスのエラー処理に関する最適のアルゴリズムが設定されるので、従来の計測点の単純平均等によるエラー処理に比較してエラーアシスト状態の発生頻度を低減することができる。すなわち重要度の低いパターンに対しては許容フォーカス深度が広がるので経済的なエラー処理を行うことができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。最初に、本発明をステップ・アン

ド・リピート方式の投影露光装置に適用した実施の形態について説明する。図1は、斜め入射方式の多点AF系を備える投影露光装置を部分的に示す図である。多点AF系とは投影光学系PLの投影視野内の複数箇所に、感光基板すなわちウエハWの光軸方向の位置ずれを計測する測定点を設けたものである。

【0024】図1において、ウエハW上に塗布されたレジストに対して非感光性の照明光ILはスリット板1を照明する。そしてスリット板1のスリットを通った光は、レンズ系2、ミラー3、絞り4、投光用対物レンズ5、及びミラー6を介してウエハWを斜めに照射する。このとき、ウエハWの表面が最良結像面にあると、スリット板1のスリットの像がレンズ系2、対物レンズ5によってウエハWの表面に結像される。また対物レンズ5の光軸とウエハ表面との角度は5〜12°程度に設定され、スリット板1のスリット像の中心は、投影光学系PLの光軸AXがウエハWと交差する点に位置する。

【0025】ウエハWで反射したスリット像光束は、ミラー7、受光用対物レンズ8、レンズ系9、及び振動ミラー10介して受光器15上に再結像される。振動ミラー10は、発振器16からの駆動信号でドライブされるミラー駆動部11により振動されられ、受光器15上にできるスリット像を、その長手方向と直交する方向に微小振動させる。受光器15による検出信号は信号処理装置13に供給される。

【0026】図2(b)は、スリット板1上に形成されたスリットパターンを示す。この例では、スリット板1に5個のスリット1a〜1eが設けられている。スリット1a〜1eはウエハWの露光面にステージ移動座標軸であるX軸及びY軸に対して夫々45°程度だけ傾けて照射されるため、それらの各投影像は図2(a)に示すような配置になる。図2(a)において、投影光学系PLの円形の投影視野If内に矩形のマスクのパターン領域PAが形成され、その中央部及び2本の対角線上の5つの計測点に夫々スリット像ST1〜ST5が形成されている。

【0027】図2(c)は、受光器15の受光面の様子を示す。受光器15の受光面には5個の受光素子15a〜15eが配置され、各受光素子15a〜15eの上にはスリット状の開口を有する遮光板(図示省略)が配置されている。そして、図2(a)の各計測点のスリット像ST1〜ST5が夫々受光器15の各受光素子15a〜15e上に再結像されている。この場合、ウエハWの露光面で反射されたスリット像は、図2(c)に矢印で示すように、受光器15上では各受光素子15a〜15e上に再結像される投影像の位置がスリット状の開口の幅方向に振動する。

【0028】また、図2(a)の各計測点上のスリット像ST1〜ST5は、投影光学系PLの光軸AXに対して斜めに投影されているため、ウエハWの露光面のフォ

ーカス位置が変化すると、受光器15上に再結像される投影像の振動中心は矢印で示した方向に変位する。従って、図1に示した信号処理装置13内で、各受光素子15a〜15eの検出信号をそれぞれ発振器16の信号で同期検波することで、5個の計測点のフォーカス位置に夫々対応する5個のフォーカス信号が得られる。

【0029】この斜入射光方式の多点AF系は、その系自体で決まる仮想的な基準面を有し、その基準面にウエハ表面が一致したときに合焦と判定する。したがって、多点AF系を較正してその仮想的な基準面を投影光学系PLの最良結像面と一致させるために、Zステージ20上には基準マークFMが設けられている。基準マークFMの表面にはスリット状の開口部が複数個設けられており、マークFMはファイバー41を介して露光光とほぼ同一の波長の光で下から(Zステージ側から)照明される。基準マークFMの表面はウエハWのパターン面とほぼ一致するように設けられている。基準マークFMのスリット状開口を透過した光は投影光学系PLを介してマスク(不図示)で反射し、開口部の下に設けられた光電センサ45に開口部を介して入射する。この光電センサ45で受光する光のコントラストが最高となるZステージ20の位置(Z方向の高さ位置)が投影光学系PLの最良結像面位置である。したがって、AF系は基準マークFMを用いた計測により最良結像面位置が検知されたとき、合焦信号を出すように較正される。

【0030】信号処理装置13は、5個の計測点のフォーカス位置から後述の方法でウエハWの面位置(高さ)と傾きを求めて主制御系17に伝達する。Zステージ20上にはレベリングステージ23が設けられている。主制御系17は信号処理装置13からの出力信号に基づいて、Zステージ20の駆動用モータ19をドライブする駆動回路18及びレベリングステージ23を駆動するレベリングステージ駆動部24(モータとその制御回路を含む)への指令を出力する。また、主制御系17は、XYステージ21を駆動する駆動部22に指令して、ウエハWのショット領域を投影光学系PLの露光領域に合致させる。

【0031】一般にパターン領域PAが投影されるウエハ表面上には、それと重ね合わせられるショット領域がすでに形成されている。例えばスタック型のメモリーIC等では高集積化対応のため、ウエハ表面は大きな段差形状を有しており、さらにショット領域内には、デバイス製造のプロセスを経るたびに凹凸部分の変化が増大し、スリット像ST1〜ST5の位置においても、大きな凹凸変化が存在し得る。また、1つのショット領域内に複数のチップを配置する場合には、各チップを分離するためのスクライブラインがショット領域内にX方向、又はY方向に延びて形成されることになり、スクライブライン上の点とチップ上の点とでは極端な場合、2μm以上の段差が生じることもある。どのスリット像の位置

にスクライプラインが位置するかは、設計上のショット配置やショット内チップサイズ等によって予め知ることができる。

【0032】次に、目標焦点位置 Z_0 を求める方法について説明する。本発明では、ウエハWの表面に段差形状がある場合、プロセス毎に最適なAF方法を取るため、どの計測結果をどのように重視するかを選択できるように、5個の計測点を複数のグループに分け、各グループに対して重み付け（例えば、1～10）を行う。すなわち、5点の検出点を複数のグループに分けて、グループ内で平均化処理した後重み係数を掛けて加算し、その結果を重み係数の総和で割ることにより全体の加重平均化処理を行う。グループ分けの方法及び各グループに対する重み係数のデータは、入力手段31から入力される。

【0033】例えば、図3に断面を示すような段差部を有するウエハ表面を3つのグループにグループ分けする場合について説明する。図3で領域 AS_1 と領域 AS_2 は凸部となっている領域で、領域 AS_3 は凹部となっている領域である。さらに、領域 AS_{1a} と領域 AS_{1b} 、及び領域 AS_{2a} と領域 AS_{2b} はほぼ同じ高さ位置となる領域であり、ここではほぼ同じ高さ位置を有する領域（例えば領域 AS_{1a} と AS_{1b} ）を1つのグループとする。領域 AS_{1a} と領域 AS_{1b} を検出するのは計測点MPbとMPdであり、これらの測定点からの計測値 Z_1 、 Z_2 を第1グループとする。領域 AS_{2a} と領域 AS_{2b} を検出するのは計測点MPaとMPeであり、これらの測定点からの計測値 Z_4 、 Z_5 を第2グループとする。そして領域 AS_3 を検出する計測点MPcからの計測値 Z_3 を第3グループとする。

【0034】そして、グループ内で平均化した後、各グループごとに重みをつけて加算し、さらにその和を重み係数の総和で割る。すなわちグループ内で平均化したあと加重平均化処理するものである。このグループ内平均化、加重平均化処理の両方により平均化効果を高めている。この処理を式で表すと、次の【数1】のようになる。

【0035】

$$\text{【数1】 } Z_0 = \{ Z_1 \cdot W_1 + (Z_2 + Z_3) \cdot W_2 / 2 + (Z_4 + Z_5) \cdot W_3 / 2 \} / N$$

ただし、 $N = W_1 + W_2 + W_3$ である。

【0036】この目標焦点位置 Z_0 の算出に加えて、信号処理装置13では、各測定点における計測値から最小自乗近似法等によってウエハ表面の傾きを求める。この Z_0 と傾きのデータは主制御系17に供給される。主制御系17は、ドライブ回路18に指令信号を出力してZステージ20を光軸AX方向に並進移動するとともに、レベリングステージ駆動部24に指令信号を出力してレベリングステージ23を傾斜させることによって、最良結像面にウエハWの表面を一致させる。

【0037】図3に示した測定点MPdのように段差の

端部を測定する場合、検出信号がばらつく可能性がある。また、ウエハ周辺のショットを計測する場合、測定点がウエハからはみ出してしまい信号が得られないことがある。複数の計測点（この例では、5点）のうちで計測に失敗したものが1つでもあると、エラー処理が行われる。このエラー処理のアルゴリズムは、予め用意された複数のエラー処理アルゴリズムのうちからオペレータが選択して入力手段31で指定することによって設定される。例えば、アルゴリズム「0」は5個の計測点のうち、一つでも計測に失敗したらエラーとする。アルゴリズム「1」は計測に成功した計測点の一つもないグループがあればエラーとする。アルゴリズム「2」は重み付けパラメータが最大（最優先）のグループの計測点が、すべて計測に失敗したときエラーとする。以上のようなエラー処理アルゴリズムをプロセス毎に設定することができるので、きめ細かい有効な面位置検出が可能となる。

【0038】図4は、エラー処理を含む1ショットの処理を説明するためのフローチャートである。ステップ16で選択されるエラー処理のアルゴリズムは、前述のように、この露光プロセスに最適なものが予め選択されて設定されている。また、ショット領域内の表面構造に応じた計測点のグループ化の方法及びグループ毎の重み係数も入力手段31から設定されている。

【0039】主制御系17は、XYステージ21を駆動する駆動部22に指令して、ウエハW上のショット位置が投影光学系PLの露光領域と一致するようにステージ移動する（S11）。次に、多点AF計測を行い、各計測点の基準面に対する誤差を計測する（S12）。次に、ステップ13において、全ての計測点が計測に成功したかどうかを判定する。判定結果が「YES」のときは、その計測値を用いてウエハW表面の面位置を決定し、その面位置が投影光学系PLの最良結像面と一致するようにZステージ20の上下動位置及びレベリングステージ23の傾きを調整してフォーカシング及びレベリングを行い（S14）、露光を行う（S15）。

【0040】ステップ13の判定結果が「NO」の場合、すなわちウエハWの露光領域に異常な曲がりや段差形状がある等して計測できない計測点があったとき、ステップ16に進んでエラー処理アルゴリズムによる処理に移る。エラー処理アルゴリズムとして「0」が指定されているときは、ステップ19のエラーアシストへ進み、オペレータによるエラー処理がなされる。エラーアシスト処理においては、露光装置の表示装置に選択肢「0」、「1」、「2」が表示され、オペレータがそのうちの一つを選択してエラー処理を行うようになってい。例えば、選択肢「0」を選択すると、新たなフォーカシング処理を行わずにステップ15へ進み、前回のショット位置からステージ移動したままの状態での露光を行う。選択肢「1」を選択すると、ステップ12に戻って

再度AF計測を行う。選択肢「2」を選択すると、そのショット領域に対する露光を行わずにステップ11に戻り、次のショット位置にステージ移動する。エラーアシスト処理では、次のウエハに交換する処理を選択できる選択肢を設けてもよい。

【0041】エラー処理アルゴリズムの指定が「1」のとき、ステップ16からステップ18に進み、計測に失敗した計測点が属するグループ内において他に計測に成功した計測点があるかどうかを調べる。もし計測に成功した計測点が1点でもあればステップ14に進み、得られた計測値を平均化することでそのグループに対する計測値とし、他のグループの計測値とあわせてウエハW表面の面位置を決定し、その面位置が投影光学系PLの最良結像面と一致するようにZステージ20の上下動位置によるフォーカシング及びレベリングステージ23の傾きを調整によるレベリングを行い、続いてステップ15で露光を行う。ステップ18の判定結果が「NO」のときは、ステップ19のエラーアシストへ進み、前述のオペレータによるエラー処理がなされる。

【0042】またエラー処理アルゴリズムが「2」指定のときは、ステップ16からステップ17に進んで、重み付けが最大のグループが計測に成功しているかを調べる。この判定結果が「YES」であれば、たとえ他に計測に失敗したグループがあったとしてもステップ14に進み、得られている計測値を用いてフォーカシング及びレベリング処理を行い、続いてステップ15で露光を行う。ステップ17の判定結果が「NO」のときはステップ19のエラーアシストへ進み、オペレータによるエラー処理がなされる。

【0043】次に、本発明を走査型露光装置に適用した場合の実施の形態について説明する。図5は、ステップ・アンド・スキャン型の投影露光装置を示す。光源及びオプティカル・インテグレータ等を含む光源系51からの露光用の照明光11Lが、第1リレーレンズ52、ブラインド（可変視野絞り）53、第2リレーレンズ54、ミラー55、及びメインコンデンサーレンズ56を介して、均一な照度分布でマスク57のパターン形成面のスリット状の照明領域58を照明する。ブラインド53の配置面はマスク57のパターン形成面とほぼ共役であり、ブラインド53の開きの位置及び形状により、照明領域58の位置及び形状が設定される。

【0044】マスク57上の照明領域58内のパターンの投影光学系PLを介した像が、フォトレジストが塗布されたウエハW上のスリット状の露光領域63内に投影露光される。ここで、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、その光軸に垂直な2次元平面内で図5の紙面に平行にX軸を、図5の紙面に垂直にY軸を取る。マスク57はマスクステージ59上に保持され、マスクステージ59はマスクベース60上で走査方向であるX方向に例えばリニアモータにより駆動される。マスクステ

ジ59上の移動鏡68及び外部のレーザ干渉計69によりマスク57のX座標が計測され、このX座標が装置全体の動作を統轄制御する主制御系70に供給される。主制御系70は、マスクステージ駆動系71及びマスクステージ59を介してマスク57の位置及び移動速度の制御を行う。

【0045】一方、ウエハWは、不図示のウエハホルダを介してZチルトステージ64上に保持され、Zチルトステージ64は3個のZ方向に移動自在なアクチュエータ66A～66Cを介してYステージ65Y上に載置され、Yステージ65Yは、Xステージ65X上に例えば送りねじ方式でY方向に移動されるように載置され、Xステージ65Xは、装置ベース67上に例えば送りねじ方式でX方向に移動されるように載置されている。3個のアクチュエータ66A～66Cを並行に伸縮させることにより、Zチルトステージ64のZ方向の位置の調整（フォーカシング）が行われ、3個のアクチュエータ66A～66Cの伸縮量を個別に調整することにより、Zチルトステージ64のX軸及びY軸の回りの傾斜角の調整（レベリング）が行われる。

【0046】また、Zチルトステージ64の上端に固定されたX軸用の移動鏡72X及び外部のレーザ干渉計73Xにより、ウエハWのX座標が常時モニタされ、Y軸用の移動鏡72Y及び外部のレーザ干渉計73Y（図10参照）により、ウエハWのY座標が常時モニタされ、検出されたX座標及びY座標が主制御系70に供給されている。

【0047】主制御系70は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動系74を介してXステージ65X、Yステージ65Y、及びZチルトステージ64の動作を制御する。例えば、投影光学系PLが投影倍率 β （ β は例えば1/4等）で倒立像を投影するものとして、マスクステージ59を介してマスク57を照明領域58に対して+X方向（又は-X方向）に速度 V_1 で走査すると同期して、Xステージ65Xを介してウエハWが露光領域63に対して-X方向（又は+X方向）に速度 V_2 （ $=\beta \cdot V_1$ ）で走査される。

【0048】次に、ウエハWの表面のZ方向の位置（焦点位置）を検出するための多点AF系75の構成につき説明する。この多点AF系75において、光源76から射出されたフォトレジストに対して非感光性の検出光が、コンデンサーレンズ77を介して送光スリット板78内の多数のスリットを照明し、それらスリットの像が対物レンズ79を介して、投影光学系PLの光軸に対して斜めにウエハW上の露光領域63及びこの前後の先読み領域85A、85B（図6参照）の15個の計測点P₁₁～P₁₅に投影される。

【0049】図6は、ウエハW上の計測点P₁₁～P₁₅の配置を示し、この図6において、スリット状の露光領域63に対して-X方向、及び+X方向側にそれぞれ先読

み領域85A及び85Bが設定されている。そして、露光領域63内に3行×3列の計測点 $P_{21} \sim P_{63}$ が設定され、先読み領域85A内に3個の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ が設定され、先読み領域85B内に3個の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ が設定されている。ウエハWを+X方向に走査するときは先読み領域85B内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ による計測値が使用され、-X方向に走査するときは先読み領域85A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ による計測値が使用される。

【0050】図5に戻って、各計測点からの反射光は、集光レンズ80を介して振動スリット板81上に集光され、振動スリット板81上にそれら計測点に投影されたスリット像が再結像される。振動スリット板81は、主制御系70からの駆動信号DSにより駆動される加振器82により所定方向に振動している。振動スリット板81の多数のスリットを通過した光が光電検出器83上の多数の光電変換素子によりそれぞれ光電変換され、これら光電変換信号が信号処理系84に供給される。

【0051】図7は、送光スリット板78を示す。送光スリット板78には、図6のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{63}$ に対応する位置にそれぞれスリット78₁₁～78₆₃が形成されている。また、振動スリット板81上にも、図8に示すように図6のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{63}$ に対応する位置にそれぞれスリット81₁₁～81₆₃が形成され、振動スリット板81は加振器82により各スリットの長手方向に直交する計測方向に振動している。

【0052】図9は、光電検出器83及び信号処理系84を示す。光電検出器83上の1行目の光電変換素子83₁₁～83₁₃には、それぞれ図6の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ から反射されて、振動スリット板81中の対応するスリットを通過した光が入射する。同様に、2行目～4行目の光電変換素子83₂₁～83₄₃には、それぞれ図6の計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ から反射されて、振動スリット板81中の対応するスリットを通過した光が入射し、5行目の光電変換素子83₅₁～83₅₃には、それぞれ図6の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ から反射されて、振動スリット板81中の対応するスリットを通過した光が入射する。

【0053】そして、光電変換素子83₁₁～83₅₃からの検出信号は、増幅器96₁₁～96₅₃を介して同期整流器97₁₁～97₅₃に供給される。同期整流器97₁₁～97₅₃はそれぞれ加振器82用の駆動信号DSを用いて入力された検出信号を同期整流することにより、対応する計測点の焦点位置に所定範囲でほぼ比例して変化する計測信号を生成する。この例では、同期整流器97₁₁～97₅₃から出力される計測信号は、それぞれ図5において対応する計測点が投影光学系PLの結像面（ベストフォーカス面）に合致しているときに0になるようにキャリブレーションが行われている。

【0054】同期整流器97₁₁～97₅₃から出力される計測信号は、並列にマルチプレクサ98に供給され、マルチプレクサ98は、主制御系70内のマイクロプロセ

ッサ(MPU)100からの切り換え信号に同期して、供給される計測信号から順番に選ばれた計測信号をA/D変換器99に供給し、A/D変換器99から出力されるデジタルの計測信号が順次主制御系70内のメモリ101内に格納される。

【0055】図10は、図5に示した3個のアクチュエータ66A～66Cの駆動系を示す説明図である。主制御系70のメモリ101には、各アドレス101₁₁～101₆₃内にそれぞれ図6の計測点 $P_{11} \sim P_{63}$ での計測位置を示すデジタルの計測信号が格納されている。なお、これらの計測信号は、所定のサンプリング周期で逐次書き換えられている。メモリ101の各アドレス101₁₁～101₆₃から読み出された計測信号は、並列に演算部102に供給される。

【0056】いま、ウエハWが-X方向に走査されているとすると、演算部102では、図6の露光領域63内の計測点 $P_{21} \sim P_{63}$ に対応するアドレス101₂₁～101₆₃から読み出された計測信号と、先読み領域85A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ に対応するアドレス101₁₁～101₁₃から読み出された計測信号を用いて、以下に説明するようにして露光領域63の中心での焦点位置(Z座標)Z₀、Y軸の回りでの傾斜角 θ_x 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_y を求める。ウエハWが+X方向に走査されているときには、演算部102では、図6の露光領域63内の計測点 $P_{21} \sim P_{63}$ に対応するアドレス101₂₁～101₆₃から読み出された計測信号と、先読み領域85B内の計測点 $P_{51} \sim P_{53}$ に対応するアドレス101₅₁～101₅₃から読み出された計測信号を用い、同様にして焦点位置Z₀、傾斜角 θ_x 、及び傾斜角 θ_y を求める。

【0057】以下では、ウエハWが-X方向に走査されているとして、露光領域63内の計測点 $P_{21} \sim P_{63}$ に対応するアドレス101₂₁～101₆₃から読み出された計測信号Z₂₁～Z₆₃と、先読み領域85A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ に対応するアドレス101₁₁～101₁₃から読み出された計測信号Z₁₁～Z₁₃を用いる場合について説明する。

【0058】まず、演算部102における焦点位置Z₀の計算について、説明する。焦点位置Z₀の計算にあたっては、露光領域63内の9点の計測点 $P_{21} \sim P_{63}$ をほぼ同じY座標を有する3つのグループ、すなわち第1グループ(P₂₁, P₃₁, P₄₁)、第2グループ(P₂₂, P₃₂, P₄₂)、及び第3グループ(P₂₃, P₃₃, P₄₃)にグループ分けする。また、先読み領域85A内の計測点P₁₁を第4グループ、計測点P₁₂を第5グループ、計測点P₁₃を第6グループとする。そして、グループ内で計測値を平均化した後、各グループごとに重みをつけて加算し、さらにその和を重みの総和で割る。すなわちグループ内で平均化したあと加重平均化処理する。このグループ内平均化、加重平均化処理の両方により平均化効果を高めている。各計測点 $P_{11} \sim P_{63}$ における計測値をZ

$_{11} \sim Z_{63}$ とすると、この焦点位置 Z_b の計算式は次の【数2】で表される。

【0059】

$$\text{【数2】 } Z_b = \left[(Z_{21} + Z_{31} + Z_{41}) \cdot W_1 / 3 + (Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}) \cdot W_2 / 3 + (Z_{23} + Z_{33} + Z_{43}) \cdot W_3 / 3 + Z_{11} \cdot W_4 + Z_{12} \cdot W_5 + Z_{13} \cdot W_6 \right] / N$$

ただし、 $N = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6$ である。

【0060】なお、重み係数の設定にあたっては、露光領域63の中央部分、すなわち第2グループに対する重み係数 W_2 を他のグループに対する重み係数 W_1, W_3, W_4, W_5, W_6 に比べて大きく設定するのが好適である。これは、第2グループに属する計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ の計測値は露光領域63の高さをよく表しているの、計測値 $Z_{21} \sim Z_{43}$ を重視して焦点位置 Z_b を計算すると露光領域63全体にわたって良好なフォーカシングを達成できると考えられるからである。

【0061】演算部102では、この焦点位置 Z_b の算出に加えて、露光領域63内の各測定点 $P_{21} \sim P_{43}$ における計測値 $Z_{21} \sim Z_{43}$ から最小自乗近似法によって露光領域63の表面を表す平面を決定する。そして、投影光

$$\begin{bmatrix} VZ_1 \\ VZ_2 \\ VZ_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K\theta_x & 0 & 0 \\ 0 & K\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\theta_x \\ -\theta_y \\ -Z_b \end{bmatrix} \quad *20$$

【0064】アクチュエータ66A、66B、66Cの座標 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$ は、ウエハWが走査されるのに応じて変化するため、目標位置/速度変換部108は、例えばウエハWの位置が所定ステップ変化する毎に、又は所定の時間間隔で逐次前記

【数3】の演算を行って速度指令値 VZ_1, VZ_2, VZ_3 を算出する。これらの速度指令値 $VZ_1 \sim VZ_3$ は、速度コントローラ110に供給され、速度コントローラ110は、パワーアンプ111A～111Cを介してアクチュエータ66A～66Cを駆動する。また、アクチュエータ66A～66Cの内部のロータリエンコーダからの速度検出信号が速度コントローラ110にフィードバックされている。これにより、アクチュエータ66A、66B、66Cは、それぞれ先端部が駆動速度 VZ_1, VZ_2, VZ_3 でZ方向に駆動される。

【0065】そして、そのアクチュエータ66A～66Cにより駆動された後のウエハWの表面の位置及び傾斜角が、図5に示した多点AF系75及び図10に示した演算部102等により計測され、この計測結果と目標値との偏差が目標位置/速度変換部108にフィードバックされる。走査露光中にそのようにZチルトステージ64の傾斜角及び焦点位置をサーボ制御することによって、ウエハWの露光領域63が、常にマスク57の照明領域58内のパターンとの投影像の結像面に合致した状態 ※50

* 光学系PLの最良結像面に対する露光領域63の平面のY軸の回りでの傾斜角 θ_x 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_y を求める。これらの焦点位置 Z_b 、傾斜角 θ_x, θ_y は、それぞれ目標位置/速度変換部108に供給される。また、レーザ干渉計73X及び73Yで計測されたZチルトステージ64（ウエハW）のX座標及びY座標も目標位置/速度変換部108に供給されている。

【0062】目標位置/速度変換部108では、まず、供給されたZチルトステージ64のX座標及びY座標より、投影光学系PLの光軸を原点とした場合の3個のアクチュエータ66A、66B、66Cのそれぞれの作用点の座標 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$ を算出する。また、予め傾斜角 θ_x 、傾斜角 θ_y 、及び焦点位置 Z_b のそれぞれの位置制御系のループゲイン $K\theta_x, K\theta_y$ 、及び K_z が記憶されており、目標位置/速度変換部108では次の【数3】によって3個のアクチュエータ66A、66B、66Cへのそれぞれの速度指令値 VZ_1, VZ_2, VZ_3 を算出する。

【0063】

【数3】

※で露光が行われる。

【0066】以上の説明は、露光領域63及び先読み領域85A内の複数の計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ における計測が全て成功した場合についてのものである。もし、露光領域63又は先読み領域85A内のいずれかの計測点において計測に失敗した場合にはエラー処理が行われる。このエラー処理のアルゴリズムは、予め用意された複数のアルゴリズムのうちからオペレータが選択して入力手段130から指定することによって設定される。ここでは、エラー処理のアルゴリズムが2種類用意されている例について説明する。

【0067】図11～図13は、図5～図10で説明した走査型露光装置におけるフォーカシング及びレベリング処理の流れの一例を説明するフローチャートである。なお、図11～図13はフォーカシング及びレベリング処理の流れだけを示したものであり、マスクステージ駆動系71及びウエハステージ駆動系74によってマスク57とウエハWを同期して駆動することによる走査露光は図11～図13に示した全行程を通して連続して行われる。

【0068】走査露光装置による走査露光中、多点AF系75により露光領域63内の計測点 $P_{21} \sim P_{43}$ 及び先読み領域85A内の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ （ウエハWを+X方向に走査するときは先読み領域85B内の計測点 P_{61}

～P₃₃を使用)による多点AF計測を行う(S31)。ステップ32では、露光領域63内の計測点P₂₁～P₄₃の全てにおいて計測に成功したかどうかを判定し、判定結果が「YES」のときはステップ33に進んで、さらに先読み領域85A内の全ての計測点P₁₁～P₁₃で計測に成功したかどうかを判定する。

【0069】ステップ33の判定結果が「YES」のときは、ステップ34に進み、演算部102において前述のように計測点P₁₁～P₄₃における計測値Z₁₁～Z₄₃のデータを用いて前記〔数2〕に従って焦点位置Z_fを計算する。また、露光領域63内の計測点P₂₁～P₄₃における計測値Z₂₁～Z₄₃から最小自乗近似法によって露光領域63の表面に合致する平面を決定する。そして、この決定された平面のY軸の回りでの傾斜角θ₁、及びX軸の回りでの傾斜角θ₂を求め、目標位置/速度変換部108において前記〔数3〕の演算によって速度指令値VZ₁、VZ₂、VZ₃を算出する。速度コントローラ110は速度指令値VZ₁～VZ₃に従ってアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することでフォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0070】ステップ33の判定結果が「NO」のときは、ステップ35に進み、演算部102は、計測に成功している露光領域63内の計測点の計測値Z₂₁～Z₄₃のデータのみを用いて焦点位置Z_fを計算する。この計算は次の〔数4〕のように行われる。

【0071】

$$\text{〔数4〕 } Z_f = \{ (Z_{21} + Z_{31} + Z_{41}) \cdot W_1 / 3 + (Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}) \cdot W_2 / 3 + (Z_{23} + Z_{33} + Z_{43}) \cdot W_3 / 3 \} / N$$

ただし、N=W₁+W₂+W₃である。

【0072】この〔数4〕は、前記〔数2〕において、先読み領域85Aの計測値に対する重み係数W₁、W₂、W₃をゼロにしたものに相当する。また、ステップ34と同様に、露光領域63内の計測点P₂₁～P₄₃における計測値Z₂₁～Z₄₃を用いて露光領域63の表面に合致する平面のY軸の回りでの傾斜角θ₁、及びX軸の回りでの傾斜角θ₂を求め、目標位置/速度変換部108において前記〔数3〕の演算によって速度指令値VZ₁、VZ₂、VZ₃を算出する。そして、速度コントローラ110が速度指令値VZ₁～VZ₃に従ってアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0073】次に、ステップ32の判定結果が「NO」の場合のフローについて説明する。このような場合、従来は図15に示したように、その回の計測データを廃棄し、ウエハステージのフォーカシング及びレベリングを変えことなく走査露光を継続していた。本発明においては、このような計測エラーが生じたときのエラー処理アルゴリズムを複数用意しておき、そのうちのいずれかを選択できるようにした。エラー処理アルゴリズムは、

入力手段130を用いて予め設定しておく。この例では、エラー処理アルゴリズムとして「1」と「2」の2通りのものが用意されている。アルゴリズム「1」は、フォーカシング処理において露光領域63内の第2グループの計測点を重視しながらも、第2グループの計測点で計測に失敗したものがある場合には第1グループ、第3グループ、先読み領域85Aの計測点(第4、5、6グループ)での計測値を補完的に使用するものである。一方、アルゴリズム「2」は、フォーカシング処理において露光領域63及び先読み領域85Aの走査方向に直交する方向の中央部分を重視するものである。

【0074】エラー処理アルゴリズムとして予め「1」を選択してある場合には、ステップ36から図12に示したフローに進む。すなわち、ステップ41において、露光領域63の中央部分に位置する第2グループの計測点P₂₂～P₄₂の3つの計測点が全て計測に成功しているかどうかを判定する。判定結果が「YES」のときはステップ42に進み、先読み領域85Aの計測点P₁₁～P₁₃の全てで計測に成功しているか否かを判定する。この判定結果が「YES」のときは、ステップ43に進み、第2グループの計測点P₂₂～P₄₂における計測値Z₂₂～Z₄₂と先読み領域85Aの計測点P₁₁～P₁₃における計測値Z₁₁～Z₁₃のデータを用いて焦点位置Z_fを計算する。この計算は次の〔数5〕のように行われる。

【0075】

$$\text{〔数5〕 } Z_f = \{ (Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}) \cdot W_2 / 3 + Z_{11} \cdot W_1 + Z_{12} \cdot W_5 + Z_{13} \cdot W_6 \} / N$$

ただし、N=W₂+W₁+W₅+W₆である。

【0076】この〔数5〕は、前記〔数2〕において、第1グループに対する重み係数W₁及び第3グループに対する重み係数W₃をゼロにしたものに相当する。また、露光領域63内の計測点P₂₁～P₄₃のうち計測に成功した計測点の計測データから最小自乗近似法によって露光領域63の表面に合致する平面を決定する。そして、この決定された平面のY軸の回りでの傾斜角θ₁、及びX軸の回りでの傾斜角θ₂を求める。そして、これらのデータを用いて前述のように目標位置/速度変換部108で前記〔数3〕の演算によって速度指令値VZ₁、VZ₂、VZ₃を算出してアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0077】ステップ42において、先読み領域85Aの計測点P₁₁～P₁₃で計測に失敗した計測点がある場合にはステップ44に進み、第2グループの計測点P₂₂～P₄₂における計測データZ₂₂～Z₄₂を用いて次の〔数6〕によって焦点位置Z_fを計算する。

【0078】

$$\text{〔数6〕 } Z_f = (Z_{22} + Z_{32} + Z_{42}) / 3$$

この〔数6〕は、前記〔数2〕において、第2グループに対する重み係数W₂を1とし、他のグループの重み係

数を全てゼロとおいたものに相当する。

【0079】また、ステップ43におけると同様にして傾斜角 θ_x 及び θ_y を求め、これらのデータ Z_b 、 θ_x 、 θ_y を用いて前述のようにアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。次に、ステップ41の判定において露光領域63内の第2グループの計測点 $P_m \sim P_n$ の中に計測に失敗した計測点がある場合の処理について説明する。まず、ステップ45において、第1グループの計測点 $P_n \sim P_u$ 及び第3グループの計測点 $P_m \sim P_n$ の計6個の計測点において計測が成功しているかどうかを判定する。これら6点の全てにおいて計測に成功している場合にはステップ46に進み、先読み領域85Aの計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ の全てで計測に成功しているか否かを判定する。先読み領域85Aでも計測に成功していれば、ステップ47に進み、第1グループの計測点 $P_n \sim P_u$ 、第3グループの計測点 $P_m \sim P_n$ 及び先読み領域85Aの計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ における計測値データを用いて焦点位置 Z_b を計算する。この計算は次の【数7】のように行われる。

【0080】

$$\text{【数7】 } Z_b = [(Z_{11} + Z_{12} + Z_{13}) \cdot W_1 / 3 + (Z_{14} + Z_{15} + Z_{16}) \cdot W_2 / 3 + Z_{11} \cdot W_3 + Z_{12} \cdot W_4 + Z_{13} \cdot W_5] / N$$

ただし、 $N = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$ である。

【0081】この【数7】は、前記【数2】において、第2グループに対する重み係数 W_2 をゼロとおいたものに相当する。また、ステップ43におけると同様に、露光領域63内の計測点 $P_n \sim P_u$ のうち計測に成功した計測点の計測データを用いて傾斜角 θ_x 及び θ_y を求める。そして、これらのデータ Z_b 、 θ_x 、 θ_y を用いて前述のようにアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0082】ステップ46において、先読み領域85Aの計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ で計測に失敗した計測点がある場合にはステップ48に進み、第1グループの計測点 $P_n \sim P_u$ における計測データ $Z_{11} \sim Z_{13}$ 及び第3グループの計測点 $P_m \sim P_n$ における計測データ $Z_{14} \sim Z_{16}$ を用いて次の【数8】によって焦点位置 Z_b を計算する。

【0083】

$$\text{【数8】 } Z_b = [(Z_{11} + Z_{12} + Z_{13}) \cdot W_1 / 3 + (Z_{14} + Z_{15} + Z_{16}) \cdot W_2 / 3] / N$$

ただし、 $N = W_1 + W_2$ である。

【0084】この【数8】は、前記【数2】において、第2グループに対する重み係数 W_2 、及び第4～第6グループに対する重み係数 W_4 、 W_5 、 W_6 をゼロとおいたものに相当する。また、ステップ47におけると同様にして傾斜角 θ_x 及び θ_y を求める。そして、これらのデータ Z_b 、 θ_x 、 θ_y を用いて前述のようにアクチュエータ

66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0085】ステップ45の判定が「NO」のときは、ステップ49に進んで先読み領域85Aの3つの計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ で計測に成功したかどうかを判定する。先読み領域85Aの計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ で計測に成功している場合にはステップ50に進み、その計測データ $Z_{11} \sim Z_{13}$ を用いて次の【数9】により焦点位置 Z_b を計算する。

10 【0086】

$$\text{【数9】 } Z_b = [Z_{11} \cdot W_1 + Z_{12} \cdot W_2 + Z_{13} \cdot W_3] / N$$

ただし、 $N = W_1 + W_2 + W_3$ である。

【0087】この【数9】は、前記【数2】において、第1～第3グループに対する重み係数 W_1 、 W_2 、 W_3 をゼロとおいたものに相当する。また、露光領域63内の計測点 $P_n \sim P_u$ のうち計測に成功した計測点の計測データを用いて傾斜角 θ_x 及び θ_y を求める。そして、これらのデータ Z_b 、 θ_x 、 θ_y を用いて前述のようにアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

20

【0088】ステップ49の判定結果が「NO」のときは、その回の計測データを用いるフォーカシング及びレベリング処理を行わず、前回の計測データによるフォーカシング及びレベリングの状態を維持したままで走査露光を行う。続いて、エラー処理アルゴリズムとして

「2」を選択した場合のフローについて説明する。この場合には、図11のステップ36から図13に示したフローに進む。すなわち、まずステップ61において、露光領域63の中央部分に位置する第2グループの3つの計測点 $P_m \sim P_n$ の全てにおいて計測に成功しているかどうかを判定する。計測に成功している場合には、ステップ62に進んで、先読み領域85Aの中央部分の計測点 P_{12} で計測に成功しているか否かを判定する。計測点 P_{12} でも計測に成功していれば、ステップ63に進み、第2グループの計測点 $P_m \sim P_n$ における計測値 $Z_{14} \sim Z_{16}$ と先読み領域85Aの計測点 P_{12} における計測値 Z_{12} のデータを用いて焦点位置 Z_b を計算する。この計算は次の【数10】のように行われる。

【0089】

$$40 \text{ 【数10】 } Z_b = [(Z_{14} + Z_{15} + Z_{16}) \cdot W_2 / 3 + Z_{12} \cdot W_1] / N$$

ただし、 $N = W_2 + W_1$ である。

【0090】この【数10】は、前記【数2】において重み係数 W_1 、 W_3 、 W_4 、 W_5 をゼロとしたものに相当する。また、露光領域63内の計測点 $P_n \sim P_u$ のうち計測に成功した計測点の計測データから最小自乗近似法によって露光領域63の表面に合致する平面を決定する。そして、この決定された平面のY軸の回りでの傾斜角 θ_x 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_y を求める。そして、ステップ63において、これらのデータを用いて前述のよ

50

うに目標位置／速度変換部108で前記〔数3〕の演算によって速度指令値 VZ_1 、 VZ_2 、 VZ_3 を算出してアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0091】ステップ62における判定結果が「NO」の場合にはステップ64に進み、図12のステップ44と同様に、第2グループの計測点 $P_n \sim P_m$ における計測データ $Z_n \sim Z_m$ のみを用いて前記〔数6〕によって焦点位置 Z_f を計算し、また、露光領域63内で計測に成功した計測点のデータを用いて露光面の傾斜角 θ_x 及び θ_y を求める。そして、これらのデータ Z_1 、 θ_x 、 θ_y を用いて同様に速度指令値を算出してアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。

【0092】ステップ61の判定が「NO」の場合には、ステップ65に進み、露光領域63内の第2グループの計測点のうち先読み領域85Aに近い側の2点 P_n 、 P_m で計測に成功したか否かを判定する。この判定が「YES」の場合は、ステップ66に進んで、先読み領域85A内の中央の計測点 P_{12} で計測に成功したか否かを判定する。計測点 P_{12} で計測に成功していれば、ステップ67に進み、計測点 P_n 、 P_m における計測値 Z_n 、 Z_m と先読み領域85Aの計測点 P_{12} における計測値 Z_{12} のデータを用いて焦点位置 Z_f を計算する。この計算は次の〔数11〕のように行われる。

【0093】

〔数11〕

$$Z_f = [(Z_n + Z_m) \cdot W_2 / 2 + Z_{12} \cdot W_5] / N$$

ただし、 $N = W_2 + W_5$ である。

【0094】また、露光領域63内で計測に成功した計測点のデータを用いて露光面の傾斜角 θ_x 及び θ_y を求める。そして、これらのデータ Z_1 、 θ_x 、 θ_y を用いて速度指令値を算出してアクチュエータ66A、66B、66Cを駆動することで、フォーカシング及びレベリング動作を行う。ステップ65における判定結果が「NO」の場合は、その回の計測データを用いるフォーカシング及びレベリング処理を行わず、前回の計測データによるフォーカシング及びレベリングの状態を維持したままで走査露光を行う。

【0095】以上、エラー処理のアルゴリズムが2種類用意されている場合について説明した。しかし、予め用意されるエラー処理のアルゴリズムは2種類には限られず、プロセスの特殊性等にあわせて更に多くのエラー処理アルゴリズムを用意してもよい。計測点のグループ分けの方法もここで説明した例に限られず、ウエハWの表面状態や投影パターンの特徴に合わせて最適のものを入力手段130から設定すればよい。また、レベリング処理についても、ここでは露光領域内の計測データのみを用いる例によって説明したが、先読み領域内の計測データをレベリング処理に反映させることもできる。また、

本発明のエラー処理方法は、露光装置に限らず、パターン欠陥検査装置、異物検査装置、基板の位置計測装置等、工程中にオートフォーカス工程を含む全ての処理に適用することが可能である。

【0096】

【発明の効果】本発明によると、投影露光装置のAF系に計測エラーが生じた場合のエラー処理のアルゴリズムをプロセス毎に任意に設定することが可能となり、エラー発生頻度を低減することができるとともに、歩留まりの向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】斜め入射方式の多点AF系を備える投影露光装置の概略図。

【図2】(a)は、投影光学系の投影視野とマスクのパターン領域とスリット像の関係を示す図、(b)はスリット板上に形成されたスリットパターンを示す図、(c)は受光器の受光面の様子を示す図。

【図3】ウエハ上のショット領域の表面の断面構造の一例を示す図。

20 【図4】本発明によるフォーカシング及びレベリング処理の一例を説明するフローチャート。

【図5】ステップ・アンド・スキャン型の投影露光装置の一例を示す図。

【図6】ウエハ上の計測点の配置を示す図。

【図7】送光スリット板を示す図。

【図8】振動スリット板を示す図。

【図9】光電検出器及び信号処理系を示す図。

【図10】ウエハのフォーカス・レベリング機構及びその制御系を示す説明図。

30 【図11】本発明によるフォーカシング及びレベリング処理の他の例を説明するフローチャート。

【図12】図11のAの処理を説明するフローチャート。

【図13】図11のBの処理を説明するフローチャート。

【図14】従来のステップ・アンド・リピート方式の露光装置における露光シーケンスを説明するフローチャート。

40 【図15】従来の走査型露光装置のフォーカシング動作を説明するフローチャート。

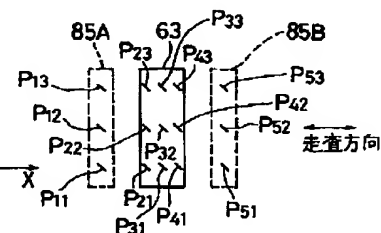
【符号の説明】

1…スリット板、1a～1e…スリット、10…振動ミラー、13…信号処理装置、15…受光器、15a～15e…受光素子、17…主制御系、18…ドライブ回路、20…Zステージ、21…XYステージ、23…レベリングステージ、24…レベリングステージ駆動部、31…入力手段、51…光源系、57…マスク、59…マスクステージ、63…露光領域、64…Zチルトステージ、66A～66C…アクチュエータ、70…主制御系、71…マスクステージ駆動系、75…多点AF系、

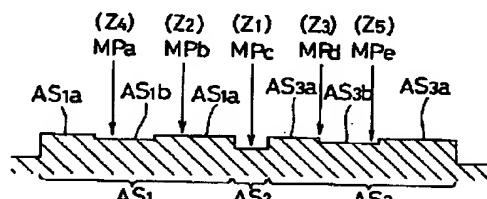
24

* 標位置／速度変換部、110…速度コントローラ、111A～111C…パワーアンプ、PL…投影光学系、ST1～ST5…スリット像、W…ウエハ

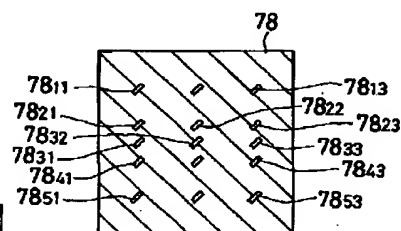
【図 6】



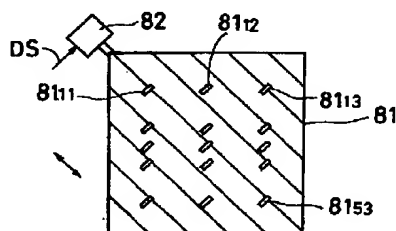
【图 3】



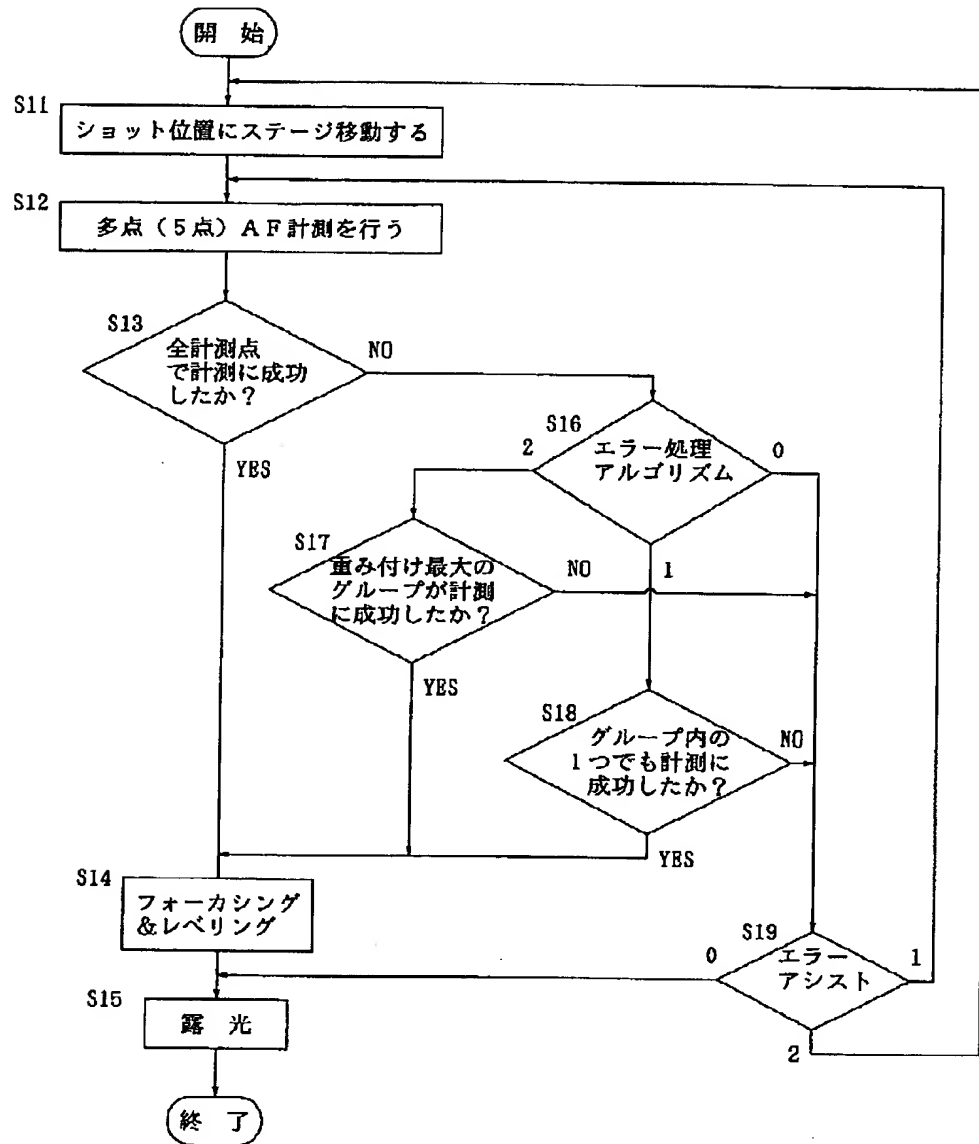
【図 7】



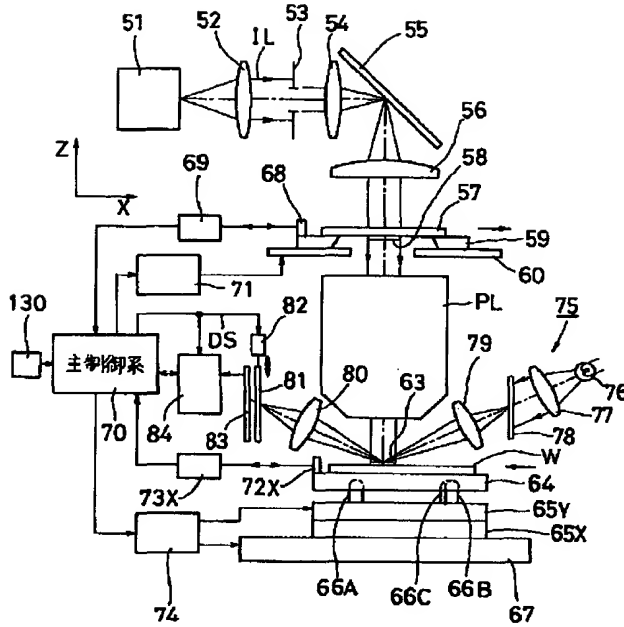
【图8】



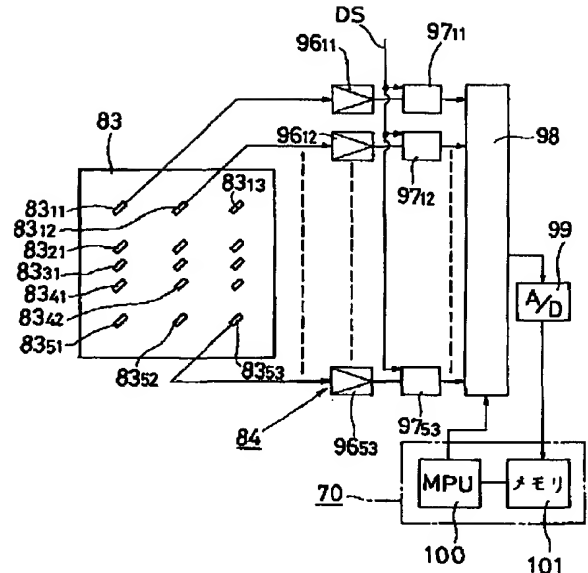
【図4】



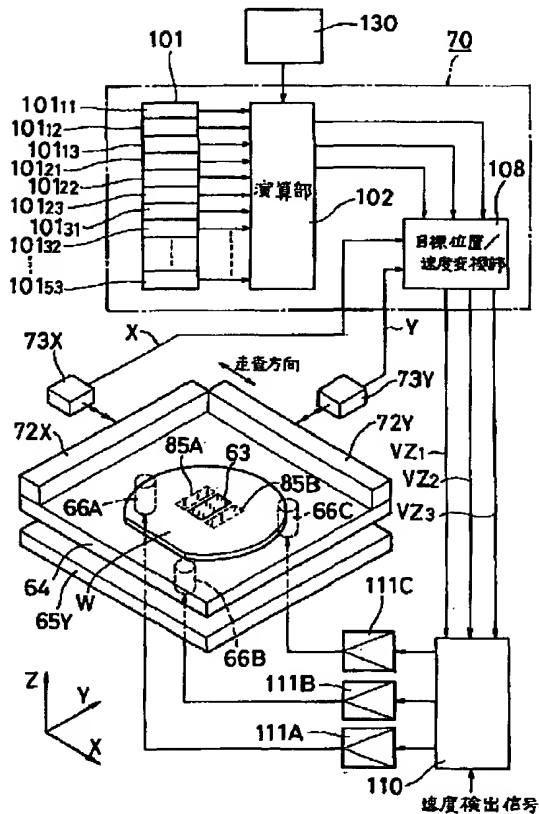
【図5】



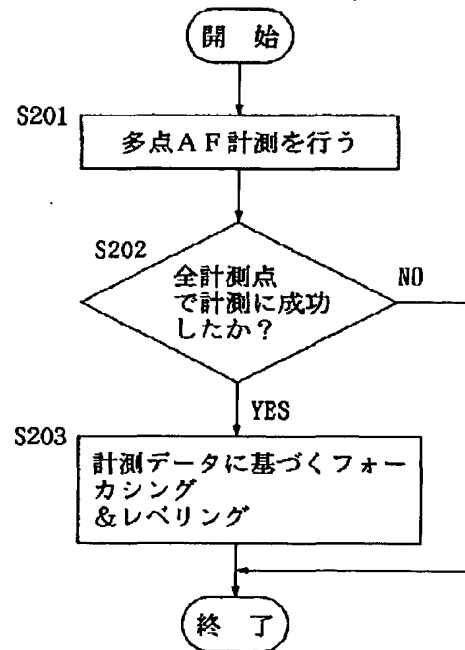
【図9】



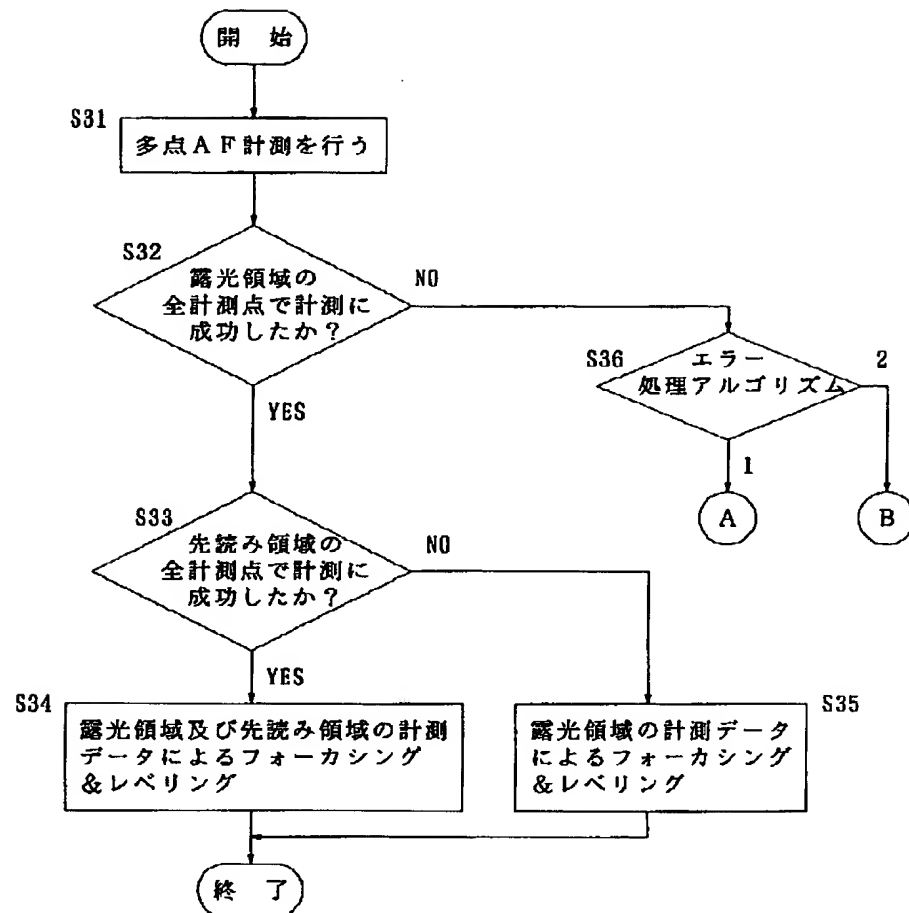
【図10】



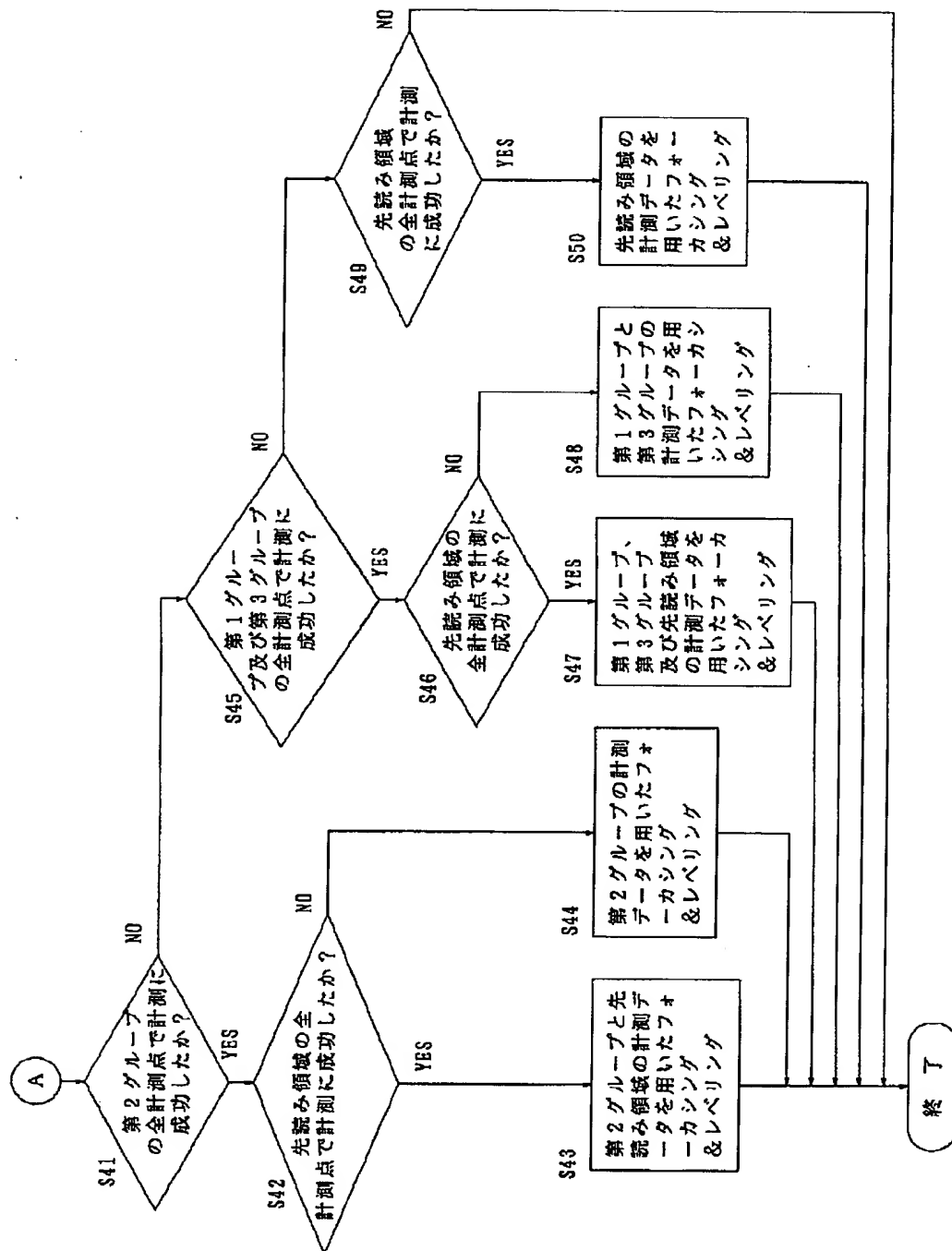
【図15】



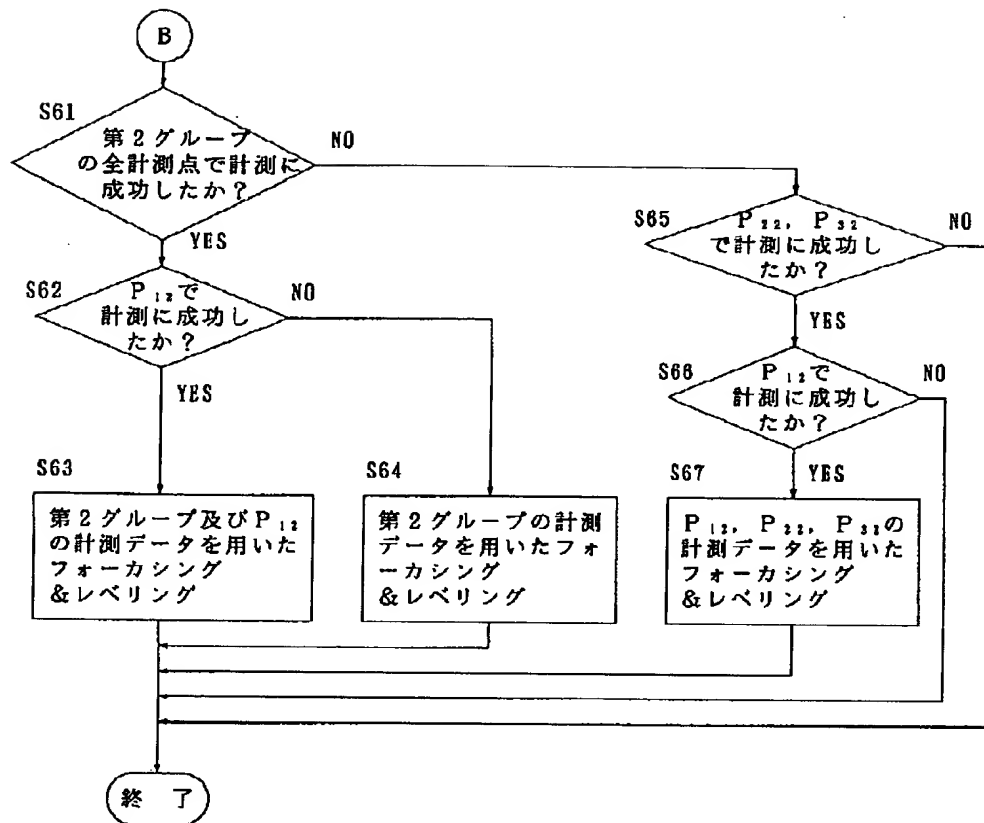
【図11】



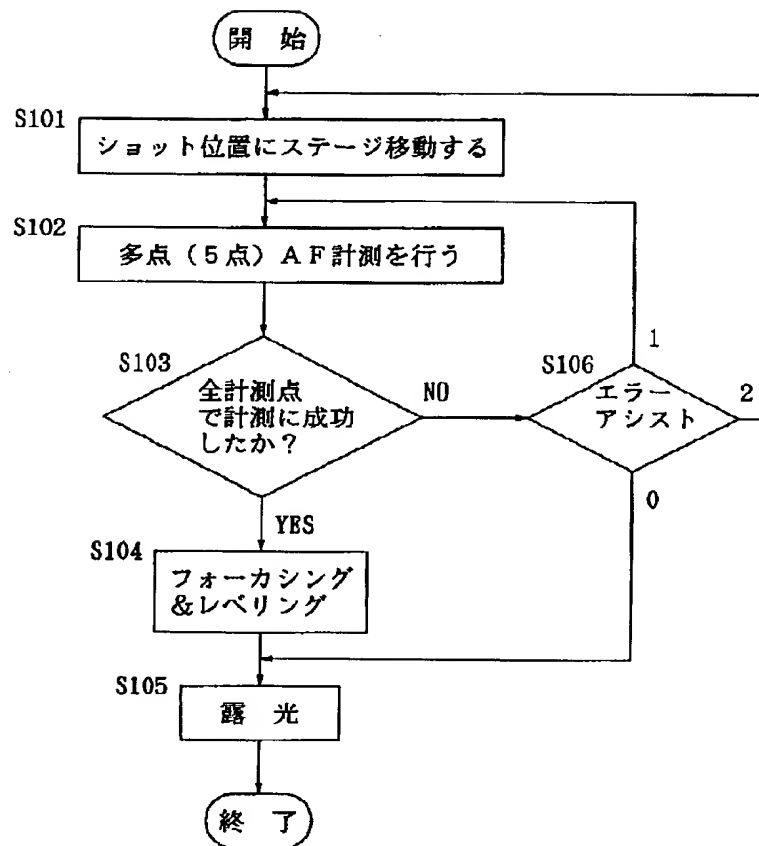
【図12】



【図13】



【図14】



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl.⁸ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl.⁸ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1999年
日本国公開実用新案公報 1971-1999年
日本国登録実用新案公報 1994-1999年
日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 9-306823, A (株式会社ニコン) 28. 11月. 1997 (28. 11. 97) 1 ページ (ファミリーなし)	1, 16, 23-27
Y	J P, 9-17717, A (株式会社ニコン) 17. 1月. 1997 (17. 01. 97) 1 ページ	1, 16, 23-27
Y	&KR, 97002480, A &US, 1774, H J P, 9-15872, A (株式会社ニコン) 17. 1月. 1997 (17. 01. 97) 1 ページ &KR, 97002480, A &US, 1774, H	1, 16, 23-27

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 09. 99

国際調査報告の発送日

28.09.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岩本 勉

2M

9355

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

EP



PCT

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 FNI99031	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP99/03458	国際出願日 (日.月.年) 29.06.99	優先日 (日.月.年) 29.06.98
出願人(氏名又は名称) 株式会社ニコン		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。